



PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the U.S. Postal Service as first class mail in an envelope addressed to Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on March 10, 2004.

Alex Martinez

Applicant : Jong-Ki Lee, et al.
Application No. : 10/688,781
Filed : October 17, 2003
Title : NEGATIVE ELECTRODE FOR LITHIUM SULFUR BATTERY,
METHOD OF PREPARING SAME AND LITHIUM SULFUR BATTERY
COMPRISING SAME

Grp./Div. : 1745
Examiner : N/A

Docket No. : 51088/DBP/Y35

LETTER FORWARDING CERTIFIED
PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Post Office Box 7068
Pasadena, CA 91109-7068
March 10, 2004

Commissioner:

Enclosed is a certified copy of Korean Patent Application No. 2002-0063834, which was filed on October 18, 2002, the priority of which is claimed in the above-identified application.

Respectfully submitted,

CHRISTIE, PARKER & HALE, LLP

By
D. Bruce Prout
Reg. No. 20,958
626/795-9900

DBP/aam
Enclosure: Certified copy of patent application
AAM PAS554464.1-*03/10/04 9:57 AM



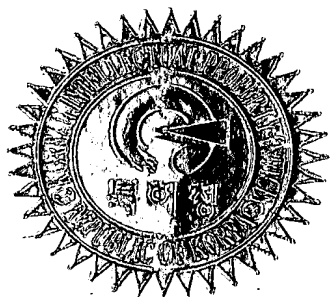
별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원번호 : 10-2002-0063834
Application Number

출원년월일 : 2002년 10월 18일
Date of Application OCT 18, 2002

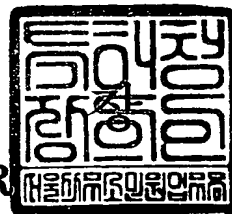
출원인 : 삼성에스디아이 주식회사
Applicant(s) SAMSUNG SDI CO., LTD.



2003 년 09 월 04 일

특 허 청

COMMISSIONER





1020020063834

출력 일자: 2003/9/9

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2002. 10. 18
【발명의 명칭】	리튬-황 전지용 음극, 그의 제조 방법 및 그를 포함하는 리튬-황 전지
【발명의 영문명칭】	NEGATIVE ELECTRODE FOR LITHIUM-SULFUR BATTERY, METHOD OF PREPARING SAME, AND LITHIUM-SULFUR BATTERY COMPRISING SAME
【출원인】	
【명칭】	삼성에스디아이 주식회사
【출원인코드】	1-1998-001805-8
【대리인】	
【명칭】	유미특허법인
【대리인코드】	9-2001-100003-6
【지정된변리사】	오원석
【포괄위임등록번호】	2001-041982-6
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이종기
【성명의 영문표기】	LEE, JONG KI
【주민등록번호】	660510-1019732
【우편번호】	138-160
【주소】	서울특별시 송파구 가락동 가락대림아파트 1동 503호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이제완
【성명의 영문표기】	LEE, JEA WOAN
【주민등록번호】	700920-1357214
【우편번호】	442-739
【주소】	경기도 수원시 팔달구 영통동 황골마을주공1단지아파트 107동 505호
【국적】	KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 조중근
 【성명의 영문표기】 CHO, CHUNG KUN
 【주민등록번호】 681028-1052219
 【우편번호】 441-819
 【주소】 경기도 수원시 권선구 구운동 890 엘디코오롱아파트 101동 1003호

【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 이상목
 【성명의 영문표기】 LEE, SANG MOCK
 【주민등록번호】 630124-1683412
 【우편번호】 442-813
 【주소】 경기도 수원시 팔달구 영통동 1046-1 삼성래미안아파트 439동 804호

【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 김민석
 【성명의 영문표기】 KIM, MIN SEUK
 【주민등록번호】 671201-1106314
 【우편번호】 135-012
 【주소】 서울특별시 강남구 논현2동 10-17번지 2층 302호

【국적】 KR

【심사청구】

청구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인
 유미특허법인 (인)

【수수료】

【기본출원료】	17 면	29,000 원
【가산출원료】	0 면	0 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	16 항	621,000 원
【합계】		650,000 원

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

본 발명은 리튬-황 전지용 음극, 그의 제조 방법 및 그를 포함하는 리튬-황 전지에 관한 것으로서, 상기 음극은 리튬 금속; 상기 리튬 금속 위에 50 내지 5000Å의 두께로 형성되고, 1×10^{-10} S/cm 이상의 이온 전도도를 갖는 리튬 이온 전도성 물질을 포함하는 전처리층; 및 상기 전처리층 위에 형성된 리튬 금속 보호층을 포함한다.

상기 전처리층은 이온 전도도가 우수하고, 부피 팽창의 문제점이 없다. 또한, 제조 공정이 불활성 분위기에서 실시되므로 리튬 금속의 표면 오염 문제를 발생시키지 않고, 공정이 단순하다는 장점이 있다.

【대표도】

도 1

【색인어】

LIPON, 음극, 리튬황전지, 전처리층

【명세서】**【발명의 명칭】**

리튬-황 전지용 음극, 그의 제조 방법 및 그를 포함하는 리튬-황 전지{NEGATIVE ELECTRODE FOR LITHIUM-SULFUR BATTERY, METHOD OF PREPARING SAME, AND LITHIUM-SULFUR BATTERY COMPRISING SAME}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 실시예 2에 따라 제조된 리튬-황 전지용 음극의 XPS 분석법으로 측정된 결과를 나타낸 도면.

【발명의 상세한 설명】**【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

<2> [산업상 이용 분야]

<3> 본 발명은 리튬-황 전지용 음극, 그의 제조 방법 및 그를 포함하는 리튬-황 전지에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 우수한 리튬 이온 전도성을 갖는 전처리층을 포함하는 리튬-황 전지용 음극, 그의 제조 방법 및 그를 포함하는 리튬-황 전지에 관한 것이다.

<4> [종래 기술]

<5> 휴대 전자기기의 발전으로 가볍고 고용량 전지에 대한 요구가 갈수록 증가하고 있다. 이러한 요구를 만족시키는 이차 전지로 황계 물질을 양극 활물질로 사용하는 리튬-황 전지에 대한 개발이 활발하게 진행되고 있다.

- <6> 리튬-황 전지는 황-황 결합(Sulfur-Sulfur bond)을 가지는 황 계열 화합물을 양극 활물질로 사용하고, 리튬과 같은 알칼리 금속을 음극 활물질로 사용하는 이차 전지이다. 환원 반응시(방전시) S-S 결합이 끊어지면서 S의 산화수가 감소하고, 산화 반응시(충전시) S의 산화수가 증가하면서 S-S 결합이 다시 형성되는 산화-환원 반응을 이용하여 전기적 에너지를 저장 및 생성한다.
- <7> 리튬 금속은 가볍고 에너지 밀도가 우수하여 리튬-황 전지에서 음극 활물질로 널리 사용되고 있다. 그러나 리튬 금속의 반응성이 높기 때문에 사이클 수명 특성 등의 문제가 발생할 수 있으므로 최근에는 리튬 금속 표면을 보호할 수 있는 보호막 형성에 관한 연구가 진행되고 있다. 그러나 대표적으로 연구되고 있는 리튬 이온전도체인 LIPON(Lithium Phosphorus Oxy-Nitride)의 경우 보호막 형성 공정이 질소 가스 분위기 하에서 스퍼터링 방법으로 실시되므로 리튬 금속표면에 직접 형성시키고자 할 경우 질소 가스 및 Li_3PO_4 타겟 물질과 리튬 금속이 반응하여 리튬 금속 표면에 결합력이 매우 불량한 검은색의 다공성 리튬 복합 화합물이 부산물로 형성되는 문제가 있었다.
- <8> 이를 방지하기 위하여, 미국 특허 공개 제 2002/0012846 A1(미국 Moltech 사)에는 리튬 금속 표면에 보호막을 형성하는 공정에서 리튬 금속 표면을 보호할 수 있는 전처리막이 기술되어 있다. 이 전처리막은 플라즈마 CO_2 처리와 같은 가스성 물질과 리튬 표면과의 반응으로 형성되는 Li_2CO_3 물질로 구성되어 있거나, 구리 등의 리튬과 합금을 쉽게 형성할 수 있는 금속으로 구성되어 있다. 그러나 CO_2 가스와의 반응에 의해 형성된 Li_2CO_3 층은 리튬 이온 전도도가 매우 낮으며(상온에서 약 $1 \times 10^{-12} \text{ S/cm}$ 이하), 또한 리튬 금속과 합금을 쉽게 형성할 수 있는 금속층은 합금 형성 시 매우 큰 부피 변화를 유발하여 구조적 불안정성을 야기시키는 문제가 있다.

**【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】**

- <9> 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명의 목적은 리튬 이온 전도도가 양호하며, 부피 팽창이 없는 전처리층을 포함하는 리튬-황 전지용 음극을 제공하는 것이다.
- <10> 본 발명의 다른 목적은 간단한 공정으로 상기 전처리막을 포함하는 음극을 제조할 수 있는 리튬-황 전지용 음극의 제조 방법에 관한 것이다.
- <11> 본 발명의 또 다른 목적은 상기 음극을 포함하는 리튬-황 전지를 제공하는 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

- <12> 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 리튬 금속; 상기 리튬 금속 상에 50 내지 5000 Å의 두께로 형성되고, 1×10^{-10} S/cm 이상의 이온 전도도를 갖는 리튬 이온 전도성 물질을 포함하는 전처리층; 및 상기 전처리층 상에 형성된 리튬 금속 보호층을 포함하는 리튬-황 전지용 음극을 제공한다.
- <13> 본 발명은 또한 리튬 금속 상에 1×10^{-10} S/cm 이상의 이온 전도도를 갖는 리튬 이온 전도성 물질을 포함하는 전처리층을 불활성 가스 분위기 하에서 증착하고; 상기 전처리층이 증착된 리튬 금속의 전처리층 상에 리튬 보호막을 증착하는 공정을 포함하는 리튬-황 전지용 음극의 제조 방법을 제공한다.
- <14> 본 발명은 또한 상기 음극; 원소 황, 황 계열 화합물 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 양극 활물질을 포함하는 양극; 및 전해액을 포함하는 리튬-황 전지를 제공한다.
- <15> 이하 본 발명을 보다 상세하게 설명한다.



<16> 본 발명은 리튬-황 전지용 음극으로 사용되는 리튬 금속과 전해액의 직접 접촉을 방지하기 위한 보호막을 형성하기 전에, 리튬 금속 상에 형성시키는 전처리층에 관한 것이다. 상기 전처리층은 대표적으로 연구되고 있는 리튬 이온전도체인 LIPON(Lithium Phosphorus Oxy-Nitride)의 경우 보호막 형성 공정이 질소 가스 분위기 하에서 스퍼터링 방법으로 실시되므로 리튬 금속표면에 직접 형성시키고자 할 경우 질소 가스 및 Li_3PO_4 타겟 물질과 리튬 금속이 반응하여 리튬 금속 표면에 결합력이 매우 불량한 검은색의 다공성 리튬 복합 화합물이 부산물로 형성되는 문제를 방지하기 위한 화학반응 차단층으로서, 리튬 이온 또는 리튬 금속은 통과시킬 수 있는 층을 말한다.

<17> 본 발명의 전처리층은 1×10^{-10} S/cm 이상, 바람직하게는 1×10^{-10} S/cm 내지 1×10^{-6} S/cm의 리튬 이온 전도도를 갖는 리튬 이온 전도성 물질로 형성된 것으로서, 하기 화학식 1의 화합물이다.

<18> [화학식 1]

<19> Li_xPO_y

<20> (상기 식에서, $2 < x < 4$, $3 < y < 5$)

<21> 상기 화합물은 종래 전처리층으로 사용되던 물질 중 하나인 Li_2CO_3 에 비하여 약 100 내지 10,000배의 이온전도도를 가지므로, Li_2CO_3 에 비하여 매우 빠른 속도로 리튬 이온을 통과시킬 수 있다.

<22> 또한, 상기 화합물은 부피 변화가 거의 없는 화합물로서, 종래 전처리층으로 사용되던 물질 중 하나인 리튬과 합금 형성이 용이한 금속이 합금 형성시 부피 변화가 매우 큼에 따른 문제점을 야기하지 않는다.

- <23> 상기 전처리층을 포함하는 본 발명의 리튬-황 전지용 음극은 리튬 금속, 이 리튬 금속 상에 형성된 전처리층 및 이 전처리층 상에 형성된 리튬 금속 보호층을 포함한다.
- <24> 상기 전처리층의 두께는 50 내지 5000Å이 바람직하다. 전처리층의 두께가 50Å 미만인 경우에는 반응차단막으로서의 기능이 완벽하지 않다는 문제가 있고, 5000Å보다 두꺼운 경우에는 리튬 이온전도 저항이 커진다는 문제점이 있다.
- <25> 상기 리튬 금속 보호층은 LIPON($\text{Li}_{2.9}\text{PO}_{3.3}\text{N}_{0.46}$)을 포함하며, 그 두께는 1000Å 내지 50 μm 이다. 상기 리튬 금속 보호층의 두께가 1000Å 미만이면 보호층으로서의 기능이 불완전하며 50 μm 보다 두꺼우면 전극의 부피(두께)가 커지므로 에너지 밀도가 낮아져 바람직하지 않다.
- <26> 상기 구성을 갖는 본 발명의 리튬-황 전지용 음극의 제조 방법은 다음과 같다.
- <27> 1×10^{-10} S/cm 이상의 리튬 이온 전도도를 갖는 리튬 이온 전도성 물질을 리튬 금속 상에 불활성 가스 분위기 하에서 증착한다.
- <28> 상기 리튬 이온 전도성 물질은 상기 화학식 1의 화합물로서, 리튬 보호층을 구성하는 대표적인 고체 리튬 이온 전도체인 LIPON 증착시 형성되는 질소 분위기 하에서 안정한 물질이다.
- <29> 상기 불활성 분위기는 헬륨 가스, 네온 가스 및 아르곤 가스에서 선택되는 가스 분위기 하에서 실시하는 것이 리튬 금속 표면에 화학 반응에 의한 부산물을 형성시키지 않으므로 바람직하다.
- <30> 상기 증착 공정에서 리튬 이온 전도성 물질의 원료로는 Li_3PO_4 또는 Li_2O 와 P_2O_5 를 적절한 비율로 혼합하여 사용할 수 있다.
- <31> 상기 증착 공정은 상기 리튬 이온 전도성 물질을 리튬 금속 상에 증착시킬 수 있는 어떠한 방법으로도 실시할 수 있으며, 그 대표적인 예로는 스퍼터링법, 전자 빔 증발법(electron



beam evaporation), 진공 열 증발법(vacuum thermal evaporation), 레이저 어블레이션(laser ablation), 화학 기상 증착법, 열 증발(thermal evaporation), 플라즈마 화학 기상 증착법, 레이저 화학 기상 증착법 및 제트 기상 증착법 등을 들 수 있다.

<32> 이어서, 상기 전처리층이 증착된 리튬 금속에 리튬 금속 보호층을 증착한다. 증착 공정은 상술한 일반적인 공정 중 어떠한 방법으로도 실시할 수 있으며, 일반적으로는 질소 가스 분위기에서 실시하여 상술한바와 같이 LIPON의 리튬 금속 보호층을 제조한다. 상기 리튬 금속 보호층의 원료 물질로는 상기 전처리층 원료 물질과 동일하게 Li_3PO_4 를 사용한다.

<33> 즉, 본 발명의 음극 제조 방법은 일반적인 진공 증착 공정에 매우 쉽게 적용이 가능하며 특히 고체 리튬 이온 전도체로서 주목을 받고 있는 LIPON($\text{Li}_{2.9}\text{PO}_{3.3}\text{N}_{0.46}$: Lithium Phosphor Oxy-Nitride) 제조에 필요한 Li_3PO_4 를 시작 물질로 사용하므로 LIPON 적용시 그 공정을 그대로 이용할 수 있어 공정이 매우 간단하다.

<34> 본 발명의 음극을 포함하는 리튬-황 전지는 황 원소(S_8), 황 계열 화합물 및 이들의 혼합물을 양극 활물질로 포함하는 양극을 포함한다. 상기 황 계열 화합물은 Li_2S_n ($n \geq 1$), 유기 황 화합물 및 탄소-황 폴리머($(\text{C}_2\text{S}_x)_n$: $x=2.5 \sim 50$, $n \geq 2$)로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 화합물을 포함한다.

<35> 본 발명의 리튬-황 전지는 전해액을 포함하며, 이 전해액은 유기 용매와 전해염을 포함한다.

<36> 상기 유기 용매로는 단일 용매를 사용할 수도 있고 2이상의 혼합 유기용매를 사용할 수도 있다. 2이상의 혼합 유기 용매를 사용하는 경우 약한 극성 용매 그룹, 강한 극성 용매 그

룹, 및 리튬 메탈 보호용매 그룹 중 두 개 이상의 그룹에서 하나 이상의 용매를 선택하여 사용하는 것이 바람직하다.

<37> 약한 극성용매는 아릴 화합물, 바이사이클릭 에테르, 비환형 카보네이트 중에서 황 원소를 용해시킬 수 있는 유전 상수가 15보다 작은 용매로 정의되고, 강한 극성 용매는 비사이클릭 카보네이트, 설펡사이드 화합물, 락톤 화합물, 케톤 화합물, 에스테르 화합물, 설펡이트 화합물, 설펡이트 화합물 중에서 리튬 폴리설펡아이드를 용해시킬 수 있는 유전 상수가 15보다 큰 용매로 정의되며, 리튬 보호 용매는 포화된 에테르 화합물, 불포화된 에테르 화합물, N, O, S 또는 이들의 조합이 포함된 헤테로 고리 화합물과 같은 리튬금속에 안정한 SEI(Solid Electrolyte Interface) 필름을 형성하는 충방전 사이클 효율(cycle efficiency)이 50% 이상인 용매로 정의된다.

<38> 약한 극성 용매의 구체적인 예로는 자일렌(xylene), 디메톡시에탄, 2-메틸테트라하이드로퓨란, 디에틸 카보네이트, 디메틸 카보네이트, 톨루엔, 디메틸 에테르, 디에틸 에테르, 디글라임, 테트라글라임 등이 있다.

<39> 강한 극성 용매의 구체적인 예로는 헥사메틸 포스포릭 트리아마이드(hexamethyl phosphoric triamide), 감마-부티로락톤, 아세토니트릴, 에틸렌 카보네이트, 프로필렌 카보네이트, N-메틸피롤리돈, 3-메틸-2-옥사졸리돈, 디메틸 포름아마이드, 설펡란, 디메틸 아세트아마이드 또는 디메틸 설펡사이드, 디메틸 설펡이트, 에틸렌 글리콜 디아세테이트, 디메틸 설펡이트, 에틸렌 글리콜 설펡이트 등을 들 수 있다.

<40> 리튬 보호용매의 구체적인 예로는 테트라하이드로퓨란, 에틸렌 옥사이드, 디옥솔란, 3,5-디메틸 이속사졸, 2,5-디메틸 퓨란, 퓨란, 2-메틸 퓨란, 1,4-옥산, 4-메틸디옥솔란 등이 있다.

- <41> 상기 전해염인 리튬염으로는 리튬 트리플루오로메탄설폰이미드 또는 리튬 트리플레이트 중 하나 이상 사용할 수 있다. 이때, 리튬염의 농도는 0.6 내지 2.0M 범위 내에서 사용하는 것이 바람직하며, 0.7 내지 1.6M 범위 내에서 사용하는 것이 더욱 바람직하다. 리튬염의 농도가 0.6M 미만이면 전해질의 전도도가 낮아져 전해질 성능이 저하되고, 2.0M을 초과하는 경우에는 전해질의 점도가 증가하여 리튬 이온의 이동성이 감소되는 문제점이 있다.
- <42> 이하 본 발명의 바람직한 실시예 및 비교예를 기재한다. 그러나 하기한 실시예는 본 발명의 바람직한 일 실시예일 뿐 본 발명이 하기한 실시예에 한정되는 것은 아니다.
- <43> (실시예 1)
- <44> 직경 4인치 Li_3PO_4 를 타겟으로 하여 아르곤 분위기, 5mTorr 압력, 300W RF 파워 하에서 10분간 증착하여 약 500Å 두께의 전처리층을 리튬 금속 상에 형성하였다. 그 후 동일한 타겟으로 질소 분위기, 5mTorr, 200W RF 파워 하에서 2시간 동안 증착하여 상기 전처리층 상에 LIPON 층을 형성하여 리튬-황 전지용 음극을 제조하였다.
- <45> (비교예 1)
- <46> 전처리층 증착 공정을 실시하지 않은 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 실시하였다.
- <47> 상기 비교예 1의 전처리층 증착 공정을 실시하지 않고, LIPON 증착을 시도한 음극은 질소 플라즈마의 영향으로 인하여 검게 보이는 다공성 리튬 화합물이 형성되었으나, 전처리층을 형성한 후 LIPON 증착을 시도한 실시예 1의 음극은 리튬 금속의 색상이 그대로 유지되었다.
- <48> 또한, 상기 비교예 1의 음극 위에 알코올을 떨어뜨려 하부에 존재하는 리튬과의 반응성을 확인하는 테스트에서 심한 가스가 발생함으로써 LIPON 보호층이 리튬 금속 상에 균일하고 완전

하게 형성되지 못하였음을 관찰할 수 있었다. 한편, 상기 실시예 1의 음극 위에 알콜을 떨어 뜨린 경우에는 가스가 발생하지 않았으므로, 이 결과에 따라 전처리층이 그 위에 증착되는 LIPON의 질소 분위기를 효과적으로 차단하여 음극 표면에 LIPON 보호층이 균일하고 완전하게 형성되었음을 알 수 있었다.

<49> (실시예 2)

<50> 실시예 1과 동일한 증착 조건으로 전처리층과 LIPON 보호층을 형성하였으며 기재로는 실리콘 웨이퍼를 사용하여 전처리층과 LIPON층의 성분을 조사하여 질소 원자의 유무를 분석하였다. 분석법은 XPS(X-ray Photo-electron Spectroscopy)를 사용하였으며 깊이 방향으로 프로파일링을 실시하였다. 도 1은 그 결과를 나타낸 것으로 질소를 포함하고 있는 1층(LIPON층)과 질소가 없는 2층(전처리층)을 쉽게 구별할 수 있다.

【발명의 효과】

<51> 본 발명의 리튬-황 전지용 음극의 전처리층은 이온 전도도가 우수하고, 부피 팽창의 문제점이 없다. 또한, 제조 공정이 불활성 분위기에서 실시되므로 리튬 금속의 표면 오염 문제를 발생시키지 않고, 공정이 단순하다는 장점이 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

리튬 금속;

상기 리튬 금속 위에 50 내지 5000Å의 두께로 형성되고, 1×10^{-10} S/cm 이상의 이온 전도도를 갖는 리튬 이온 전도성 물질을 포함하는 전처리층; 및

상기 전처리층 위에 형성된 리튬 금속 보호층

을 포함하는 리튬-황 전지용 음극.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서, 상기 리튬 이온 전도성 물질은 $\text{Li}_x\text{P}\text{O}_y$ ($2 < x < 4$, $3 < y < 5$)인 리튬-황 전지용 음극.

【청구항 3】

제 1 항에 있어서, 상기 리튬 이온 전도성 물질의 이온 전도도는 1×10^{-10} S/cm 내지 1×10^{-6} S/cm인 리튬-황 전지용 음극.

【청구항 4】

제 1 항에 있어서, 상기 리튬 금속 보호층은 $\text{LiPON}(\text{Li}_{2.9}\text{P}\text{O}_{3.3}\text{N}_{0.46})$ 을 포함하는 것인 리튬-황 전지용 음극.

【청구항 5】

제 1 항에 있어서, 상기 리튬 금속 보호층의 두께는 1000Å 내지 50 μm 인 리튬-황 전지용 음극.

【청구항 6】

리튬 금속 상에 1×10^{-10} S/cm 이상의 이온 전도도를 갖는 리튬 이온 전도성 물질을 포함하는 전처리층을 불활성 가스 분위기 하에서 증착하고;

상기 전처리층이 증착된 리튬 금속 상에 리튬 보호막을 증착하는

공정을 포함하는 리튬-황 전지용 음극의 제조 방법.

【청구항 7】

제 6 항에 있어서, 상기 리튬 이온 전도성 물질은 Li_xPO_y ($2 < x < 4$, $3 < y < 5$)인 제조 방법.

【청구항 8】

제 6 항에 있어서, 상기 리튬 이온 전도성 물질의 이온 전도도는 1×10^{-10} S/cm 내지 1×10^{-6} S/cm인 제조 방법.

【청구항 9】

제 6 항에 있어서, 상기 불활성 가스 분위기는 헬륨, 네온 및 아르곤 가스 분위기로 이루어진 군에서 선택되는 것인 제조 방법.

【청구항 10】

제 6 항에 있어서, 상기 리튬 금속 보호층은 LIPON($\text{Li}_{2.9}\text{PO}_{3.3}\text{N}_{0.46}$)을 포함하는 것인 제조 방법.

【청구항 11】

제 6 항에 있어서, 상기 리튬 금속 보호층의 두께는 1000Å 내지 50μm인 제조 방법.



【청구항 12】

리튬 금속; 상기 리튬 금속 위에 50 내지 5000Å의 두께로 형성되고, 1×10^{-10} S/cm 이상의 이온 전도도를 갖는 리튬 이온 전도성 물질을 포함하는 전처리층; 및 상기 전처리층 위에 형성된 리튬 금속 보호층을 포함하는 음극;

원소 황, 황 계열 화합물 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 양극 활물질을 포함하는 양극; 및

전해액

을 포함하는 리튬-황 전지.

【청구항 13】

제 12 항에 있어서, 상기 리튬 이온 전도성 물질은 Li_xPO_y ($2 < x < 4$, $3 < y < 5$)인 리튬-황 전지.

【청구항 14】

제 12 항에 있어서, 상기 리튬 이온 전도성 물질의 이온 전도도는 1×10^{-10} S/cm 내지 1×10^{-6} S/cm인 리튬-황 전지.

【청구항 15】

제 12 항에 있어서, 상기 리튬 금속 보호층은 LIPON($\text{Li}_{2.9}\text{PO}_{3.3}\text{N}_{0.46}$)을 포함하는 것인 리튬-황 전지.

【청구항 16】

제 12 항에 있어서, 상기 리튬 금속 보호층의 두께는 1000Å 내지 50μm인 리튬-황 전지.

【도면】

【도 1】

